

超高层建筑单元式玻璃幕墙技术研究与應用

张振

(中交一航局第二工程有限公司)

摘 要: 为了解决超高层建筑幕墙施工中工期紧张、高空作业安全风险大、施工质量控制难等问题,依托湖北金控大厦项目超高层项目对单元式玻璃幕墙的板块加工、吊运、安装等进行了研究和应用,通过工厂化加工组装单元板块、采用环形轨道吊装、可移动小吊车等技术措施和管控,验证了单元式玻璃幕墙安装具有施工质量稳定、误差小、施工周期短、安装过程安全可靠的特点,取得了较理想的效果,可为类似工程提供借鉴。

关键词: 超高层建筑;单元式玻璃幕墙;环形吊装轨道;可移动小吊车

0 引言

随着城市化进程的加速和技术的不断革新,超高层建筑越来越多,幕墙结构的形式根据不同材料、建筑风格和主体结构形式等呈现出了多元化发展,单元式玻璃幕墙施工技术也不断提高^[1]。作为一项高度工厂化的技术,因预制安装率高、造型大方美观、现场安装效率高、质量安全可控性高等特点越来越成为超高层建筑的主流形式。本文依托湖北金控大厦项目对单元式玻璃幕墙的整体技术特点、应用优势、关键技术和施工流程等进行研究和应用。

1 工程概况

1.1 项目简介

新建商业服务业设施项目(湖北金控大厦)为 EPC 工程,位于武汉市武昌区中北路青鱼嘴,地处武汉核心地段。结构形式为核心筒+外框钢结构框架,外形规整,建筑高度 176.85 m,总用地面积 13 600 m²,建筑面积 134 545.41 m²,地上 40 层,地下 3 层,裙楼 4 层。玻璃幕墙总面积 39 234 m²,单元式玻璃幕墙面积为 35 559 m²,单元式板块共有 5 750 块,标准板块 1 500 mm×4 200 mm,质量为 434 kg。

1.2 工艺特点

为解决项目实施过程中工期紧张、高空作业安全风险大、施工质量控制难等重难点问题,对在超高层建筑中常用的单元式玻璃幕墙和框架式玻璃幕墙综合对比分析后决定采用单元式玻璃幕墙的结构形式。相对比而言单元式玻璃幕墙主要具备以下特点:

1) 施工效率高

工厂预制率可以达到 90%以上,在现场基本只进行吊装拼接工作,减少了现场逐步组装、架体搭设等工序的时间。可以在主体结构施工时同时开始安装,有利于缩短工程整体的施工周期。

2) 施工质量更容易控制

工厂标准化集中生产,环境可控,密封胶固化均匀,板块质量可控。现场安装时只需定位连接,操作相对简单,减少了幕墙框架安装、焊接等质量管控环节。

3) 安装过程相对安全可靠

现场安装人员只在楼层内进行定位、运输、拼装等环节,避免了在作业层进行焊接、切割等作业,大大减少了高空坠落、物体打击等安全事故的发生。在作业层所需的安装工人数量大大减少,也降低了施工过程发生安全风险的可能性。

1.3 工艺改进措施

在施工工程中,根据项目情况对垂直运输设备以及板块空中摆动的问题进行了改进。

1) 自制可移动小吊车作为单元板块的垂直运输设备。小吊车具有制作简单,便于拆卸,灵活转运、可操作性强等特点,同时减少了对塔吊的使用,提高了工程施工整体周期。

2) 利用简单装置优化解决了吊装单元板块时风摆问题。将几个简单工具如钢管、垂直索道与单元板块连接在一起,组成简单实用的防风摆装置,操作简便,实用性强,减少玻璃板块在空中移动时因风产生的晃动,提高了吊装安全性。

2 施工工艺

单元式玻璃幕墙是在固定的加工厂内,将各类零件与板材拼装成一个的单元板块,并完成板

块内部的密封措施,然后运送至施工现场,使用环轨吊车辅助安装的玻璃幕墙系统。幕墙与主体结构之间使用单元转接件进行连接。幕墙所承受的自重荷载、地震荷载与风荷载均由转接件传递至主体结构。

单元式玻璃幕墙板块组装工艺流程:铝型材机械加工→零配件组装/组框→层间背板安装→保温板粘贴→玻璃安装(铝单板安装)→注结构胶→压条安装→穿框架胶条→注密封胶→胶固化。

单元式玻璃幕墙现场安装施工工艺流程:结构复核→板块组装(基地加工)→发货至现场→测量放线→吊装设备安装→清理埋件、挂座安装→板块吊装固定→标高轴线校正→接缝顶部密封→蓄水检查→验收。

2.1 建筑结构复核

提前做好对主体结构的复核工作,核对主体结构的层高、尺寸、垂直度偏差等是否与图纸一致,并根据施工图和建筑结构复测尺寸绘制幕墙构件加工图^[2],确保加工的单元板块能顺利安装,避免现场返工。

2.2 单元式玻璃幕墙板块组装

单元式玻璃幕墙的质量管控从单元板块的选材和组装开始。板块在工厂的加工质量直接影响幕墙的性能和现场安装的进度。

1) 材料选用

超高层建筑玻璃幕墙应符合规范设计要求,并应有出厂合格证、质保书证明及相关性能的检测报告。应满足结构安全性、耐久性要求,金属结构材料、连接材料不得发生脆性断裂、疲劳失效和侵蚀性腐蚀破坏,防火性能满足设计要求。

2) 铝型材机械加工

铝型材的加工精度大大制约着幕墙的安装质量,必须严格管控。各种型材的大小尺寸严格按照深化后的加工图纸要求进行加工,并进行首件验收;在加工过程中对型材表面进行保护,避免划伤;加工完成后按类存放,标识清晰。

3) 层间背板安装

首先使用结构胶将铝制保温岩棉钉粘接到铝单板背面,待结构胶凝固后再安装铝单板;用尼龙垫片调整背板与横、竖框间隙,使背板居中,用气动起子将十字刀头卡牢,将安装背板用的不锈钢盘头自攻钉把背板、尼龙垫片与横、竖框连接牢固,安装过程中气动起子与背板之间必须保

持垂直,保证连接部位的紧密性。

4) 保温板粘贴

根据图纸尺寸将岩棉切割成型,将岩棉平放在背板上,岩棉与横、竖框四周间隙应相等、均匀;并压平保温钉对岩棉进行固定,然后用铝箔胶带将所有岩棉接缝以及岩棉与横、竖框四周的间隙处粘接,外观不能见到岩棉丝。

5) 玻璃板块注胶安装

在玻璃与框型材之间涂结构胶,要求胶缝要连续、饱满、平整、无气泡、无接头、无残胶、无飞边,与玻璃平齐。

6) 注密封胶

将美纹纸均匀、平直地粘在玻璃上,保护玻璃在涂密封胶时表面整洁;在玻璃之间形成的注胶槽中塞入泡沫棒,并用专用工具使泡沫棒均匀低于玻璃及框面 4~5 mm;用手动胶枪在胶槽内均匀注入密封胶,完成后用刮板将密封胶刮平,并将保护胶带及美纹纸清理干净。注意不要和前者结构胶混用。

7) 胶固化

单元清理密封胶后,在固化区固化。固化区应保证单元固化所需要的温度在 15~27℃、湿度 50%以上的洁净环境。固化时严禁移动单元。固化完成后根据现场需求发送所需板块。

2.3 测量放线

在整个幕墙施工过程中,最基础的工作就是施工测量,其精确性直接影响后续的安装质量^[3]。控制网中的外控点一律采用强制对中装置,浇筑混凝土强制观测墩,一般采用土建的内控点,若土建基准点不能满足幕墙施工控制测量要求,应另外埋设基准点,以满足幕墙施工要求。进行高程竖向传递时可采用悬挂钢尺法传递,并对钢尺读数进行温度、尺长和拉力改正。建立精准 1:1 的 AutoCAD 三维实体模型,整合钢结构三维模型与幕墙三维模型,测量时把设计坐标与施工坐标在 CAD 模型中统一起来,这样可以大大提高测量作业的精准性,方便幕墙顺利安装。

2.4 设备吊装

根据工程施工进度、建筑高度和层数等统一考虑,分区段设置环形吊装轨道和可移动固定小吊车进行单元玻璃板块的吊装、运输,为保证作业安全,在幕墙施工操作层之上搭设安全防护棚。采用环形吊装轨道的吊装方式,可以大大减少对

塔吊的占用时间,节约成本的同时加快整体的工程进度。

1) 环形吊装轨道主要由拉杆、工字钢轨道、悬挑支臂、电动葫芦构成,其竖剖图见图1。环轨斜拉杆采用 $\phi 20$ 钢拉杆受力,拉杆分上下两端。上端拉杆与下端拉杆中间采用花篮螺栓连接,花篮螺栓长300 mm。悬挑支臂采用18号工字钢与12 mm厚钢板加工而成,每根长度为3 000 mm,每根工字钢支臂下面焊接有2块钢板,第1块钢板用于和主体结构的埋件相连接,第2块钢板用于固定环形轨道的路轨。轨道采用18号工字钢与12 mm厚钢板加工而成,在转角部位轨道需要弯弧处理,转角部位增加1根悬挑支臂,圆弧路轨可在厂家加工好后,运送至现场拼装。

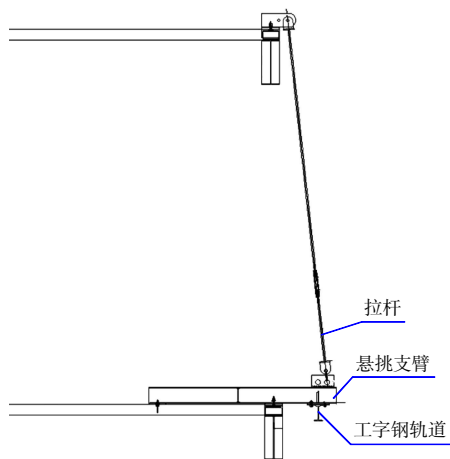


图1 环形轨道竖剖图

2) 垂直运输用可移动小吊车,主要由车身、卷扬机和配重块组成,车身主要由80 mm×60 mm×6 mm的方钢管焊接而成,下部安装尼龙万向轮,便于移动,额定起吊重量不得低于板块及吊索具重量之和的3倍。在小吊车前端设置固定支撑臂,在吊装时放下,稳定吊车,吊装系统由卷扬机、前吊臂,和拉杆组成,卷扬机与底座之间使用M16螺栓固定,前吊臂采用方钢焊接而成,并使用销钉固定在车身前部,可以转动,在可移动固定小吊车转移到其他施工段时能收起前吊臂,便于转运。

2.5 挂座安装

运用全站仪根据深化图纸将埋件的位置放在主体结构的钢梁上,使用水准仪,依次对各个埋件中心线位置的水平标高进行测量,确认埋件高度是否在单元板块卡座调节范围内。确认无误

后点焊初步固定,再次复核无误后实施围焊,焊缝高度不小于10 mm。

2.6 单元板块起吊准备

1) 单元板块在加工厂内拼装并完成养护后,按照进场计划运输至现场指定位置,按照标记放置在货架上,每个货架放置4~6块。准备安装前,用叉车将对应板块运送至辅助起升滑轮车上进行初步清洁,对有线条的单元板块提前完成现场线条组装。

2) 准备好单元板块的吊具,吊具由一个直径15 cm的钢制圆环和4根1.5 m长的钢丝绳及配套卡环构成。为保证起吊过程安全,设置2对吊点,将吊具的4根钢丝绳分别固定于对称布置的板块上端铝型材卡槽与卡座吊点上。

3) 为了防止玻璃板块在空中旋转摆动,改进了只用缆风绳、吊带等软性工具固定的方式。增设2道垂直索道,准备1根6 m长钢管,分别在两端距钢管边缘50 cm、70 cm处焊接4个圆环。最外侧2个圆环与索道连接,使钢管能沿垂直索道上下滑动;内侧2个圆环是为可移动小吊车提升设置的吊点,可使钢管通过外侧圆环沿索道上下滑动。钢管设置在距离单元板块下部高度1/3位置,最后用1根钢丝绳将单元板块固定在钢管上即可。单元板块在提升过程中通过背靠硬性钢管的方式有效减少了在空中的晃动和旋转问题。

4) 索道上端固定在楼层内,下端固定在首层混凝土地面上。上端安装索道的位置需要悬挑出大于单元板块宽度400 mm的2根18号工字钢,与楼层内的预埋件连接牢固;下端在混凝土可在地面上植入膨胀螺栓安装后补埋件,在后补埋件上焊接耳板,连接钢丝绳。

2.7 单元板块吊装

单元板块开始起吊时,松开滑轮车底部承重轮刹车,随着单元板块上端的抬升,滑轮车可随着水平移动,同时可以防止板块底部划伤。小吊车吊索道缓缓提升板块,提升速度严格控制在1 m/s之内。单元板块垂直运输至安装层时,将环形轨道上电动葫芦挂钩勾在吊环上,缓慢提升电动葫芦钢丝绳,直至电动葫芦钢丝绳完全受力,并使移动小吊车吊钩处于松懈状态。随后解开小吊车位于吊环上的吊钩,同时,松开板块底部放风摆钢管,完成板块吊钩转换。之后板块由环轨小车水平运输至安装位置。在室内先对单元板块进

行初步固定,使单元板块下部落于下方卡槽中,且上部连接卡槽卡在挂座立板之内。再人工配合电动葫芦微调板块,使相邻两单元板块侧向公母槽相互锁住并连接牢靠。使用卷尺测量单元板块之间的竖缝间距,控制在 (15 ± 2) mm之内。然后使用水准仪对单元板块的标高进行测量,根据测量结果,调节单元板块连接卡槽上的螺栓,调整单元板块安装高度。

2.8 防水压盖安装

单元板块标高调整至允许范围后,清洁排水槽内的垃圾,将U形滑槽滑动至排水槽顶部拼缝位置,并在外侧龙骨拼缝顶面放置硅胶片。使用清洁剂擦干U形滑槽与板块之间缝隙后,在板块接缝位置施打硅酮密封胶,硅酮密封胶施工时需连续饱满,并进行刮胶处理。硅酮密封胶施工完毕后,待硅胶表面凝固,再进行渗水试验,检验合格后进行下道工序。

2.9 排水槽闭水试验

当作业层的单元板块全部拼装完成或者主要段落拼装完成后,对板块顶部排水槽进行闭水试验。闭水试验前堵封作业层所有板块排水孔。测试时,水注满板块顶部排水槽并保持24 h。若24 h后,排水槽内积水无明显变化,证明板块密封性较好。然后可疏通板块排水孔,安装下一作业层板块。

3 工艺实施效果

单元式玻璃幕墙工艺在金控大厦项目的顺利实施,具有以下几点显著优势:

1) 施工质量稳定,误差小。单元板块在工厂内加工制作,将幕墙高空室外拼装作业升级为工厂流水线作业,较传统高空作业方式,降低了幕墙拼装难度,提升了幕墙玻璃板块的材料质量。现场施工仅需按照组装图纸实施拼装,无需进行幕墙骨架安装、焊接等工序,减少了质量风险项,管理人员可将精力聚焦关键环节,显著提升质量管控的效率与精准度,项目也实现了分部验收一次性合格。

2) 节约工期。单元式玻璃幕墙安装时仅需吊

装和插接等工序,方便快捷。施工时仅需设置层间防护即可将主体结构施工段与幕墙施工段分离,实现幕墙和土建的同步施工,大大缩短了工程施工周期。

3) 安全可靠。单元式玻璃幕墙的安装工序均可在楼层内完成,安装过程中全程佩戴五点式安全带,显著降低高空吊篮使用频次,保证了施工人员的安全,施工作业人员数量也大大减少,实现了幕墙安装过程中“安全零事故”的管理目标。

4) 绿色环保。单元式玻璃幕墙的单元板块均在加工场内组装完成,所有材料定尺加工,减少了材料损耗。单元板块运至现场后仅进行拼装施工,减少了现场劳动力消耗及环境污染。

4 结语

在现代建筑工程中,单元式玻璃幕墙已逐渐成为设计施工中常用的一种外围墙体,不仅在造型上越来越美观,通过工厂预制、现场吊装的工业化模式在施工安全、进度、质量管控等方面也展现出了较大的优越性。但也因为这个特性,对前期策划的精细度要求极高,若策划不足可能会导致成本超支、工期延误或质量缺陷等问题。需要专门成立涵盖设计、生产、施工三方人员的专项策划小组,从资金准备、深化设计、工厂加工、现场协同等方面综合规划,对于结构复杂的工程还可以引入BIM技术辅助。随着技术的发展,单元式玻璃幕墙在超高层建筑中将会实现更多的技术突破,向着更加经济化、绿色化、数字化的方向发展。

本工艺的成功应用验证了单元式玻璃幕墙安装时具有施工质量稳定、误差小,施工周期短,安装过程安全可靠、绿色环保的特点,积累了超高层建筑幕墙施工的经验,取得了良好的社会效益,也为类似工程提供了参考。

参考文献:

- [1] 陈芳鑫,张佰辉,李文飞,等. 建筑工程中单元式幕墙施工技术[J]. 四川建材,2023,49(1):113-114.
- [2] T/CBDA 31—2019,单元式幕墙生产技术规程[S].
- [3] 刘超,袁由军. 单元式幕墙施工技术要点[J]. 中国建筑装饰装修,2023(18):136-138.